



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2012

Computerassistierte Planung und Durchführung von Korrekturosteotomien am distalen Radius

Nagy, L ; Schweizer, A

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-70106>
Journal Article

Originally published at:

Nagy, L; Schweizer, A (2012). Computerassistierte Planung und Durchführung von Korrekturosteotomien am distalen Radius. Swiss Medical Forum, 3:36-38.

Computerassistierte Planung und Durchführung von Korrektur-Osteotomien am distalen Radius

Ladislav Nagy, Andreas Schweizer



Einführung

Die Behandlung der distalen Radiusfraktur hat in den letzten Jahren eine massive Veränderung erfahren. Einerseits ist die operative Versorgung auch von Frakturen bei osteoporotischem Knochen durch die Einführung der winkelstabilen Platten deutlich einfacher geworden, andererseits ist auch bei älteren Patienten der funktionelle Anspruch gestiegen, was zu einer Ausweitung der Indikation für Plattenosteosynthesen geführt hat. Mit diesen Veränderungen nicht Schritt gehalten hat die Behandlung der Spätfolgen der distalen Radiusfraktur, nämlich der posttraumatischen Arthrose des Radiokarpalgelenkes und des distalen Radioulnargelenkes (DRUG). So stehen den betroffenen Patienten nach verpasster oder suboptimaler Primärbehandlung meist nur noch sogenannte Rückzugsoperationen zur Verfügung, also Teilversteifungen oder vollständige Versteifungen des Handgelenkes. Beim heutigen Stand der Technik stellen nämlich Handgelenksprothesen keine sinnvolle Alternative dar, zumal ein Grossteil der Patienten im jungen Erwachsenenalter ist und extreme Ansprüche auf die Belastbarkeit und Beweglichkeit stellt. Gegenwärtig gilt es deshalb, alles daranzusetzen, auch sekundär die Anatomie des distalen Radius mittels Korrekturosteotomien wiederherzustellen. Dies setzt hohe Anforderungen an die Bildgebung, Planung und Durchführung der Korrektur, wird durch die heute zur Verfügung stehenden Technologien erheblich vereinfacht, so dass die 3-D-Rekonstruktion, virtuelle Planung und intraoperative Navigation immer mehr zum Standard werden.

Behandlung der fehlverheilten Radiusfraktur (Malunion)

Fehlverheilte Frakturen am distalen Radius sind rein extraartikulär, intraartikulär oder Kombinationen der beiden.

Extraartikuläre Malunionen des distalen Radius treten am häufigsten paradoxerweise als ulnarseitige Handgelenksschmerzen in unangenehme Erscheinung. Die Einstauchung des Radius führt zur relativen Überlänge der Elle und damit zu Überlastung des ulnaren Handgelenkes, die bereits bei einem Längenverlust des Radius von 2 mm das Doppelte der physiologischen Belastung beträgt. Der Längenverlust des Radius führt auch zur axialen Verschiebung und Subluxation des DRUG, Reduktion des knorpeligen Gelenkkontaktes, Zunahme des Gelenkbinnendruckes. Dieser erhöht sich auch dramatisch und punktuell, wenn eine anguläre Fehlstellung

im DRUG (durch Abkippen des distalen Radius) besteht. Damit nicht genug, führt doch diese anguläre Fehlstellung zur Verminderung des Formschlusses im DRUG und damit zur Instabilität. Die anguläre Fehlstellung führt auch zur Überbelastung und Störung der Kinematik des Radiokarpalgelenkes.

Diese Veränderungen führen je nach Ausmass unterschiedlich rasch zur Arthrose.

Intra-artikuläre Frakturen hinterlassen gelegentlich wesentliche Stufen im Gelenk, welche ab 1 mm fast obligat zur Ausbildung einer Arthrose des Radiokarpalgelenkes führen. Weniger offensichtlich sind Stufen des DRUG, welche mangels Kompensationsmechanismen einen noch negativeren Einfluss auf das Resultat haben. Ruheschmerzen sind selten oder ein Hinweis auf sekundäre Synovialitis bei fortgeschrittener Arthrose. Nicht unerwähnt bleiben sollen, auch wenn nicht Thema des Beitrags, die Folgen der bei distalen Radiusfrakturen häufig assoziierten Begleitverletzungen des Bandapparates des Handgelenkes.

Leider hat bei etablierter Arthrose auch die modernste Handchirurgie keine wirklich gute Behandlung anzubieten, weshalb dem Fortschreiten der Schädigung des Gelenkknorpels durch Wiederherstellung der korrekten Mechanik zu einem möglichst frühen Zeitpunkt begegnet werden muss.

Bei der Radiuskorrektur-Osteotomie ist logischerweise die Wiederherstellung der Anatomie, also der exakten Form des Radius, wie vor dem Unfall, zielführend. Dies ist bereits bei extraartikulären Malunionen nicht ganz einfach, und erst recht nicht bei intraartikulären, gilt es doch, Gelenkstufen schon von 1 mm zuverlässig zu beheben. Schon bei der Diagnose der Letzteren und noch mehr bei der präoperativen Planung erweist sich die konventionelle Radiologie als unzureichend, und die Bedeutung der exakten räumlichen Darstellung ist offensichtlich. Hierzu drängt sich die Computertomographie auf. Diese hat jedoch ein weit grösseres Potential, als es gegenwärtig ausgeschöpft wird. Denn meistens erfolgt die Bildausgabe in Form von zweidimensionalen Rekonstruktionen in den aus der konventionellen Radiologie gewohnten orthogonalen Ebenen. Die «3-D»-Bildausgabe mag in einigen Fällen – die sinnvolle Perspektive vorausgesetzt – sehr hilfreich sein, ist jedoch mit dem Makel behaftet, nicht für eine Operationsplanung nachbearbeitet werden zu können. Hierfür wurden in den letzten 10 Jahren Methoden für computerassistierte Chirurgie entwickelt, die unterdessen in einigen Gebieten der Chirurgie erfolgreich zur Anwendung kommen und nun unsererseits auch bei der Behandlung der Malunion des distalen Radius eingesetzt werden. Für die Akquisi-

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag haben.

tion der Daten eignet sich das CT bestens. Aus den CT-Rohdaten werden durch automatisierte Segmentierungsmethoden patientenspezifische Knochenmodelle extrahiert, welche in einer multimodalen Planungsumgebung nachbearbeitet werden können.

Zur Bestimmung einer extraartikulären Deformität (Abb. 1A/B) und als Ausgangspunkt für die Planung der Korrektur werden die virtuellen Modelle der erkrankten Seite und der räumlich gespiegelten gesunden Gegenseite verglichen, in der Regel übereinander gelegt. Dabei wird eine optimale Übereinstimmung im nichtbetroffenen Knochensegment gesucht (Abb. 2A), was manuell aber auch automatisiert erfolgen kann. So können im definierten Bereich nicht nur die äusseren Konturen exakt aufeinander gepasst werden, sondern wahlweise auch andere Parameter, wie nicht sichtbare anatomische Landmarken (z.B. die Markhöhle des Knochens) oder die Verteilung der Knochendichte und des Volumens usw. Die immersive Planungsumgebung erlaubt es danach, das Modell beliebig zu teilen, um danach auch die fehlgestellten Knochenanteile exakt auf die anatomische Vorlage der gesunden Gegenseite zu manipulieren (Abb. 2B). Auch dies ist wiederum manuell, unterstützt (stereoskopisch, mit Hilfe Kraftrückkopplung/haptisch) oder vollautomatisch möglich.

Im einfachsten Fall einer extraartikulären Malunion ist das Resultat dieser computerunterstützten Planung ein exaktes Messprotokoll (Abb. 2C), welches den idealen Schnittpunkt (Osteotomiehöhe) sowie die notwendige Korrektur in sechs Freiheitsgraden wiedergibt, also Angulation und Translation in den drei Raumdimensionen. Für die exakte Umsetzung dieser Parameter am distalen Radius benützen wir eine, auf diese Werte einstellbare Bohrlehre (Abb. 2D). So sind noch vor der Osteotomie alle Schraubenlöcher für eine Standard-Osteosynthese-Platte bereits gebohrt: an der richtigen Stelle und in der richtigen Richtung, so dass nach der Durchtrennung des Knochens das alleinige Aufschrauben der Platte auf die vorbereiteten Löcher «automatisch» zur exakten anatomischen Reposition führt (Abb. 1C/D).

Bei intraartikulären Malunionen (Abb. 3) erlaubt die virtuelle Osteotomie zu sehen, ob eine Wiederherstellung der korrekten Gelenkanatomie aus den zur Verfügung stehenden Fragmenten überhaupt möglich ist (Abb. 4A und B). Durch multiple Bohrpasagen wird eine Osteotomie zusammengesetzt (Abb. 4C). Die technische/handwerkliche Machbarkeit kann an Modellen überprüft werden, die durch simples Ausdrucken des virtuellen Modells durch einen 3-D-Drucker hergestellt

Abbildung 1
Extraartikuläre
Malunion.
Konventionelle
Röntgenbilder.
A/B: präoperativ
ap bzw. seitlich;
C/D: postoperativ
ap bzw. seitlich.

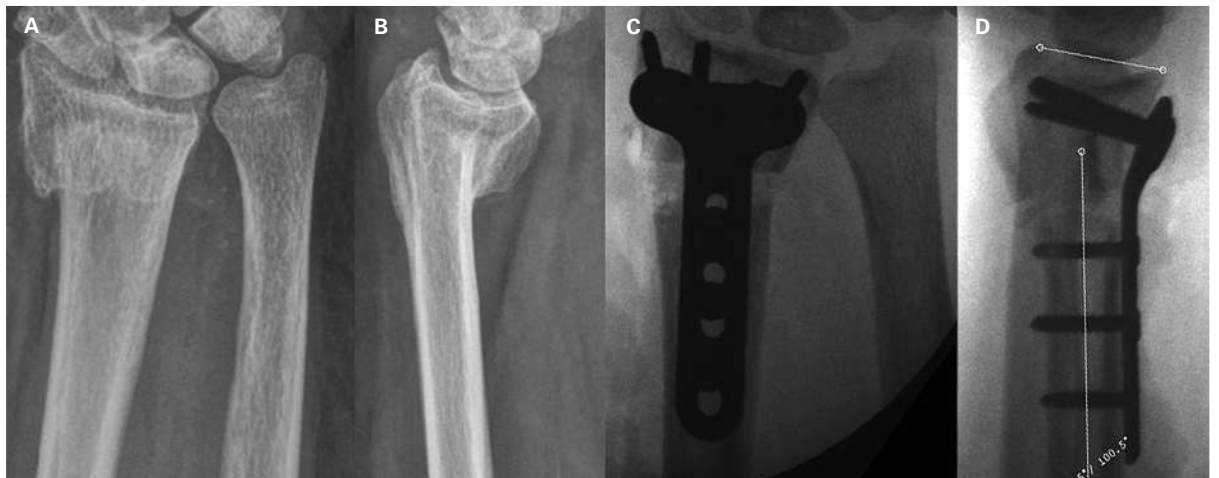


Abbildung 2
Computerassisierte
Planung
Osteotomie der
extraartikulären
Malunion.

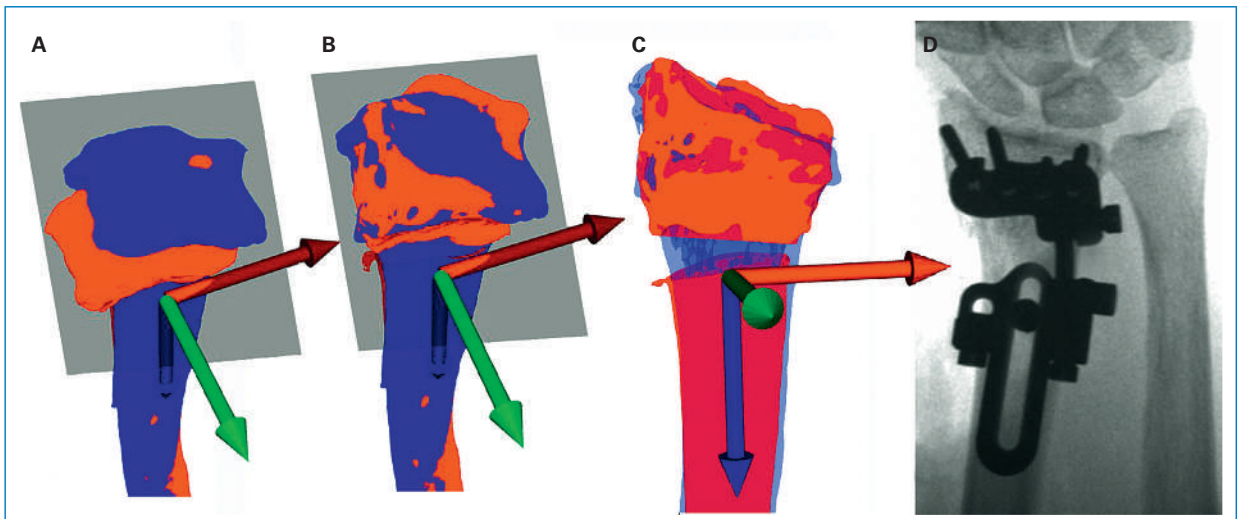


Abbildung 3

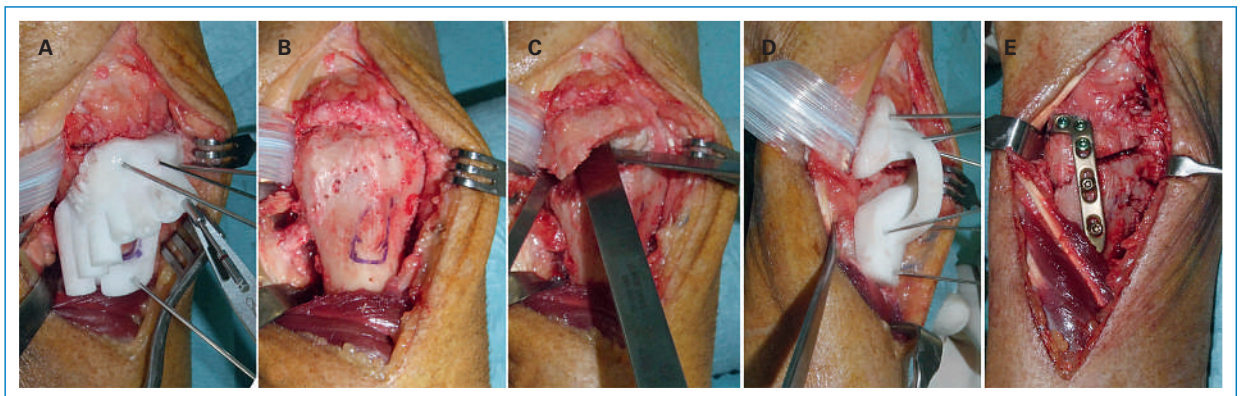
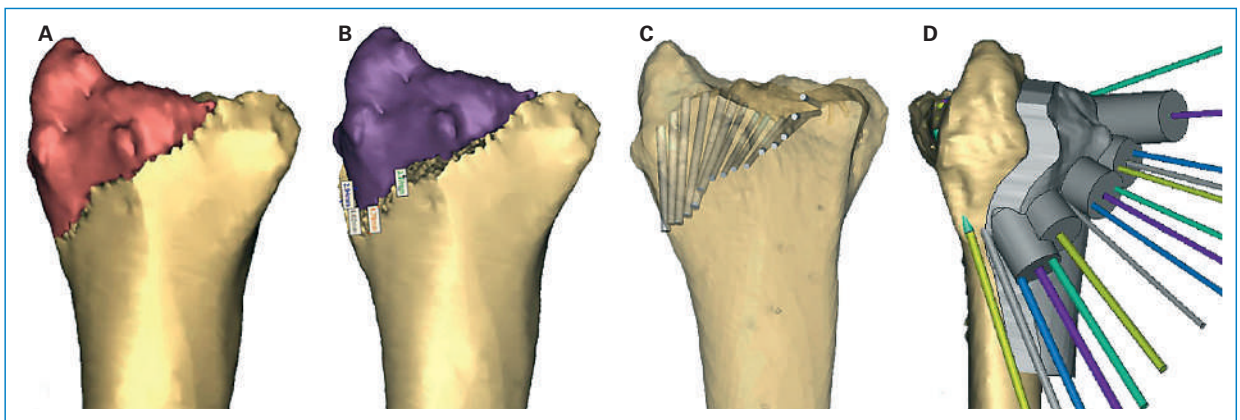
Intraartikuläre Malunion.

A/B: präoperatives CT ap bzw. seitlich; intraartikuläre Stufe: 3 mm.

C/D: postoperativ ap bzw. seitlich.

**Abbildung 4**

Computerassisierte Planung Osteotomie der intraartikulären Malunion.

**Abbildung 5**

Intraoperative Schritte bei der Durchführung der Osteotomie der intraartikulären Malunion: **A:** Anlegen der multiplen Bohrungen mittels Bohrlehre; **B:** Aspekt der multiplen Bohrungen; **C:** Osteotomie durch die multiplen Bohrungen (= Sollbruchstelle); **D:** Reposition mittels Lehre; **E:** Plattenosteosynthese in reponierter Stellung.

werden. Zudem können so auch passgenaue individuelle Schnitt- und Bohrlehren hergestellt werden (Abb. 4D), welche die genaue Reproduktion der virtuell als optimal beurteilten Osteotomie im OP ermöglichen. Seit drei Jahren führen wir nun computerassistierte geplante Operationen am distalen Radius durch (Abb. 5) und haben dabei folgende Feststellungen und Erfahrungen machen können: Die virtuelle Planung ist vor allem bei angularen Fehlstellungen von 30° und mehr sowie Rotationsfehlstellungen der konventionellen radiologischen Messung/Planung punkto Genauigkeit klar überlegen. Die Verwendung der computerassitierten Planung sowie der Bohr- und Schnittlehren hat unsere

Operationszeiten reduziert, vor allem durch die Elimination der intraoperativen Nachkorrekturen. Die Sicherheit und Genauigkeit, damit auch die Zuverlässigkeit der Osteotomien am distalen Radius, haben sich dadurch in unseren Händen wesentlich verbessert.

Korrespondenz:

Prof. Dr. med. Ladislav Nagy
Leitender Arzt
Teamleiter Handchirurgie
Universitätsklinik Balgrist
Forchstrasse 340
CH-8008 Zürich
[Ladislav.Nagy\[at\]balgrist.ch](mailto:Ladislav.Nagy[at]balgrist.ch)